

Pauli Manninen

## **PÄIVÄKODIN ILMANVAIHTORATKAISUT**

# **PÄIVÄKODIN ILMANVAIHTORATKAISUT**

Pauli Manninen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Pauli Manninen

Opinnäytetyön nimi: Päiväkodin ilmanvaihtoratkaisut

Työn ohjaaja(t): Pirjo Kimari (OAMK), Kalle Karjalainen ja Rauno Ojakoski (Oulun tilakeskus)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016 Sivumäärä: 40 + 1 liite

---

Tilaaajana on Liikelaitos Oulun Tilakeskus, joka toteuttaa paljon päiväkotihankkeita. Hankkeille halutaan saada aikaan yhtenäiset ohjeistot, joiden mukaan päiväkotien ilmastointi suunnitellaan niin, että ne täyttävät energiatehokkuuden nykyiset ja tulevatkin vaatimukset ja ovat elinkaarikustannuksiltaan edullisia.

Tässä opinnäytetyössä on vertailtu Herukan päiväkodille useita erilaisia ilmanvaihtomenetelmiä ja -malleja. Työn tavoitteena on löytää paras mahdollinen tyyppiratkaisu, joka on energiatehokas sekä elinkaarikustannuksiltaan edullinen ja täyttää Suomen Rakentamismääräyskokoelma osien D2 ja D3 mukaiset vähimmäisvaatimukset. Lisäksi vertaillaan elinkaarikustannuksia. Tulosten perusteella Herukan päiväkotiin ei kannata suunnitella ilmavirtasääteistä ilmanvaihtoa tai Econet Premium ilmanvaihtokonetta, koska hankinta- ja huoltokustannukset ovat niin korkeat.

Parhaimmaksi ja toimivimmaksi päiväkodin ilmanvaihto ratkaisuksi saatiin vakioilmavirtaisella ilmanvaihdolla toimiva ilmanvaihto. Toimivin vaihtoehtoratkaisu saadaan kahdella tulo- ja poistoilmakoneella. Isompi kone käy käytön aikana ja pienempi kone käytönajan ulkopuolella. Näin saadaan ilmanvaihto parhaiten hallittua ja se on elinkaarikustannuksiltaan edullinen. Myös ilmastointikonehuone pysyy pienimpänä mahdollisena, joten tilantarpeeltakin tämä on hyvä vaihtoehto. Tässä työssä tämä vaihtoehtoratkaisu on malli 1b.

---

Asiasanat: Ilmanvaihto, päiväkotito, energiatehokkuus

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 PÄIVÄKOTIEN ILMANVAIHTO	7
2.1 Ilmavaihdon toiminta	7
2.2 Päiväkotien sisäilman laatuvaatimukset	7
2.3 Päiväkodin ilmavirtojen mitoitusperusteet	9
3 ILMANVAIHDON TARPEENMUKAISUUS	11
3.1 Ilmanvaihtoratkaisut	11
3.2 Tarpeenmukainen käyttö	11
3.3 Käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta	11
3.4 Keittiöiden ilmanvaihto	12
4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN VAIHTOEHTORATKAISUT	13
4.1 Lähtötilanne	13
4.1.1 Malli 1a	14
4.1.2 Malli 1b	15
4.1.3 Malli 2	16
4.1.4 Malli 3	17
5 ENERGIA- JA KUSTANNUSLASKELMAT	18
5.1 Ilmavirtojen mitoitus	18
5.1.1 Malli 1a	20
5.1.2 Malli 1b	20
5.1.3 Malli 2	21
5.1.4 Malli 3	21
5.2 Energian kulutus	22
5.2.1 Malli 1a	23
5.2.2 Malli 1b	23
5.2.3 Malli 2	24
5.2.4 Malli 3	24

5.2.5 Yhteenveto energiakulutuksista	25
5.3 Hankintakustannukset	25
5.3.1 Malli 1a	26
5.3.2 Malli 1b	26
5.3.3 Malli 2	27
5.3.4 Malli 3	27
5.3.5 Yhteenveto hankintakustannuksista	28
6 ELINKAARIKUSTANNUKSET	29
7 ILMAVIRTASÄÄTEINEN ILMANVAIHTO JA ECONET PREMIUM	30
7.1 Ilmavirtasäateinen ilmanvaihto	30
7.2 Econet Premium	32
8 TULOSTEN VERTAILU	36
9 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	39
LIITTEET	41
Liite 1 Herukan päiväkodin pohjakuva	

# 1 JOHDANTO

Tämän työn tilaajana toimii Liikelaitos Oulun Tilakeskus, joka toteuttaa paljon päiväkotihankkeita. Päiväkotien ilmanvaihtoja on toteutettu erilaisin ratkaisuin vuosien varrella. Energiatehokkuus on nykyisin tärkeä seikka, kun rakennetaan uutta tai korjataan vanhaa. Hankkeille halutaan nyt yhtenäiset ohjeistot, jotka täyttävät energiatehokkuuden nykyiset ja tulevatkin vaatimukset sekä ovat elinkaarikustannuksilta edullisia.

Työn tavoitteena on löytää ilmastoinnin tyyppiratkaisuja perusparannettaville tai uudisrakennettaville päiväkotikohteille Oulun seudulle. Päiväkodeissa ei ole poistoilmaluokkaan 4 kuuluvia tiloja, koska keittiönä on pääsääntöisesti jakelutai kuumennuskeittiötä. Päiväkoti tilojenilmanvaihto voidaan toteuttaa pelkästään ilmastointikoneilla ja näin työstä voidaan jättää likaisten tilojen erillispoistot kokonaan pois. Tässä työssä käytetään lämmöntalteenottoina vastavirta- tai pyörivää lämmönsiirtimiä, joissa on hyvät vuosihyötysuhteet. Näin kehitettävät ratkaisut ovat energiatehokkaita sekä elinkaarikustannuksiltaan edullisia ja täyttävät Suomen Rakentamismääräyskokoelma osienn D2 ja D3 mukaiset vähimmäisvaatimukset.

Työn kohteena on Herukan päiväkotirakennus, joka on tavanomainen päiväkotirakennus. Päiväkodissa on kolme ryhmäaluetta, joiden koot ovat 12 lasta + 4 henkilökuntaa, 21 lasta + 4 henkilökuntaa ja 21 lasta + 4 henkilökuntaa. Rakennuksen pinta-ala on 744 m<sup>2</sup>.

## **2 PÄIVÄKOTIEN ILMANVAIHTO**

### **2.1 Ilmavaihdon toiminta**

Ilmastoinnin tavoitteena on ylläpitää sisätiloissa hyvää, tilojen käyttötarkoitusta vastaavaa sisäilmastoa. Sisäilmastolla tarkoitetaan niitä ympäristötekijöitä rakennuksessa, jotka vaikuttavat ihmisen viihtyvyyteen ja terveyteen. Ilmanvaihdon oikealla ja tarkoituksenmukaisella käytöllä sekä ilmastoinnin avulla hiilidioksidin ja vesihöyryn pitoisuudet ilmassa ja lämpötila saadaan pidettyä ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä tasolla. (1.)

Rakennuksessa syntyy paljon epäpuhtauksia, joten ilmanvaihto on pidettävä käyttöaikana jatkuvasti yllä. Jos ilmanvaihtoa ei pidetä päällä, epäpuhtauspitoisuudet nousevat korkeiksi. Ilmanvaihto mitoitetaan aina epäpuhtauksien mukaan. Epäpuhtaudet poistetaan heti, eikä niiden anneta levitä muihin ympäröiviin tiloihin. Tuloilma johdetaan puhtaimpiin tiloihin, joista se virtaa siirtoilmana muihin likaisiin tiloihin. Tällöin saadaan aikaan paras ilman laatu oleskelutiloihin. (1.)

### **2.2 Päiväkotien sisäilman laatuvaatimukset**

Päiväkotien sisäilmastoa koskevia viranomaisohjeistoja on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa D2 ja D3. Lisäksi Sisäilmayhdistys ry on julkaissut vuonna 2008 sisäilmaluokituksen, joka on tarkoitettu ohjeeksi rakennus- ja talotekniikan suunnitteluun sekä rakennusteollisuuteen. Sisäilmayhdistyksen tavoitteena on saada rakennuksista sisäilmastoltaan terveellisempiä ja viihtyisämpiä. Luokitus on tarkoitettu käytettäväksi uudis- ja korjausrakentamisessa. Sisäilmasto on jaettu kolmeen sisäilmaluokkaan, jotka on esitetty taulukossa 1. (3.)

TAULUKKO 1 Sisäilmaluokat (3, s. 4.)

S1: Yksilöllinen sisäilmasto	Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai ylikämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.
S2: Hyvä sisäilmasto	Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta ylikämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.
S3: Tyydyttävä sisäilmasto	Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatu-luokista. Tarvittaessa jonkin suureen arvo voidaan määritellä tapauskohtaisesti.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma osan D2 ohjeiden mukaan sisäilman hiilidioksidipitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käytönaikana on yleensä enintään 1200 ppm. Ilman lämpötilan ohjearvo päiväkodeissa talvella on 21 °C ja kesäkaudella yleensä 25 °C. Hyväksytty poikkeama talvella suunnitteluarvosta on  $\pm 1$  °C. Rakennuksen käyttöaikana ei oleskeluvyöhykkeen lämpötila yleensä saa olla korkeampi kuin 25 °C. (2, s. 6 - 7, 29.)

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen: S1, S2 ja S3. Parhaassa luokassa S1 hiilidioksidipitoisuuden enimmäisarvo on 750 ppm. Ilman tavoitelämpötila on talvella 21,5 °C ja sallittupoikkeama 21 - 22 °C ja kesällä tavoitelämpötila on 21,5 °C ja sallittu poikkeama 20 – 24,5 °C. Seuraavassa luokassa S2 hiilidioksidipitoisuuden enimmäisarvo on 900 ppm. Ilman tavoitelämpötila on talvella



21°C ja sallittu poikkeama 20,5 - 22,5 °C ja kesällä tavoitelämpötila on 21°C ja sallittu poikkeama 20 - 24,5 °C. Huonoimmassa luokassa S3 hiilidioksidipitoisuuden enimmäisarvo on 1200 ppm. Ilman tavoitelämpötila on talvella 21 °C ja sallittu poikkeama 20 - 22 °C ja kesällä tavoitelämpötila on 21 °C ja sallittu poikkeama 18 - 25 °C. Taulukossa 2 esitetään Suomen Rakentamismääräyskokoelma osan D2 ja sisäilmastoluokituksen 2008 tavoitearvot. (3, s. 4 - 13.)

*TAULUKKO 2 Päiväkodin sisäilmastotekijöiden tavoitearvot*

	RakMK osa D2	S1 Yksilöllinen	S2 Hyvä	S3 Tyydyttävä
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]	< 1200	< 750	< 900	< 1200
Tavoitelämpötila talvella [°C]	20 - 22	21 - 22	20,5 - 22,5	20 - 22
Tavoitelämpötila kesällä [°C]	< 25 *	20 – 24,5	20 - 24,5	18 - 25

\* Ulkoilman lämpötilan viiden tunnin enimmäisjakson keskiarvon ollessa korkeampi kuin 20°C voi huoneilman lämpötila ylittää tämän arvon korkeintaan 5°C.

### **2.3 Päiväkodin ilmavirtojen mitoitusperusteet**

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 on esitetty päiväkotitilojen tilakohtaisia ilmavirtojen ohjearvoja. Noudattaessa ohjearvoja on sisäilmasto tavanomaisessa huonetiloissa riittävä. Ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilöperusteisen mukaan. Ilmavirtojen mitoituksen ohjearvona käytetään 6 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö. Muuten voidaan suunnittelun ohjearvona käyttää pinta-alaperusteista 2,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>, kun tilan henkilömäärää ei ole tiedossa. Taulukossa 3 esitetään Suomen Rakentamismääräyskokoelma osan D2 ohjearvot päiväkodin käyttöajan ilmanvaihdon mitoittamiseen. (2, s. 24.)

TAULUKKO 3 Ohjearvot käyttöajan ilmanvaihdon mitoittamiseen (5, s. 29.)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Päiväkodit:						
Lepuhuoneet	6	2,5		28 / 33 *	0,20 / 0,30	*C1 ohje
Leikki- ja ryhmähuoneet	6	2,5		33 / 38	0,20 / 0,30	
Vesileikkihuone		2		33 / 38	0,20 / 0,30	
Eteinen		2		33 / 38	0,20	
Märkäeteinen			5			#3, #S
#3 Poistoilmavirtaa ja vastaavasti ulkoilmavirtaa suurennetaan kohdepoistojen ja / tai hajujen hallitsemisen edellyttämällä määrällä.						

Sisäilmaston laatua voidaan parantaa käyttämällä Sisäilmastoluokituksen 2008 mukaisia lastenhoitotilojen ilmavirtojen suunnitteluarvoja. Parhaassa luokassa S1 ilmavirtojen mitoituksen ohjearvona käytetään 12 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö ja pinta-alaperusteista 4,0 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. Keskimmaisessä luokassa S2 ilmavirtojen mitoituksen ohjearvona käytetään 9 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö ja pinta-alaperusteista 2,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. Huonoimmassa luokassa S3, joka vastaa rakentamismääräyksen osan D2 vähimmäistasoa: ilmavirtojen mitoituksen ohjearvona käytetään 6 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö ja pinta-alaperusteista 2,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. Taulukossa 4 esitetään Sisäilmaluokituksen 2008 ohjearvot päiväkodin käyttöajan ilmanvaihdon mitoittamiseen. (3, s. 13 - 14.)

TAULUKKO 4 Ohjearvot käyttöajan ilmanvaihdon mitoittamiseen (6, s. 14)

Tila	Lattia-ala m <sup>2</sup> /hlö	S1-luokka dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	S2-luokka dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	S3-luokka/D2 dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö
Päiväkoti	3	12	4,0	9	2,5	6	2,5
Päiväkodin märkäeteinen (poisto)			5		5		5
Työtilojen WC (poisto)		20		20		20	
Pesuhuone (poisto)			5		5		5
Pukuhuone			5		5		5
Siivoustila (poisto)			4		4		4

### **3 ILMANVAIHDON TARPEENMUKAISUUS**

#### **3.1 Ilmanvaihtoratkaisut**

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon avulla saadaan tiloihin tarvittavat ilmavirrat hallitusti. Järjestelmissä on aina lämmöntalteenotto jonka avulla pyritään hyvään energiatehokkuuteen. Ilmastoinnin jäähdytystä ei päiväkodeissa yleensä tarvita pienten lämpökuormien takia, jos päiväkoti ei ole kesäaikana käytössä. (4, s. 5.)

Ilmanvaihtoratkaisuja ovat keskitetty tai hajautettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Keskitetyssä ratkaisussa yksi tai useampi ilmanvaihtokone palvelee useita tiloja ja hajautetussa ratkaisussa osasto kohtaisesti. Hajautettu ratkaisu soveltuu peruskorjaustapauksiin silloin, kun kanavoinnille tai konehuoneille ei löydy riittävästi tilaa. (4, s. 5 - 7.)

#### **3.2 Tarpeenmukainen käyttö**

Ilmanvaihtokoneet ovat aina automaation ohjaamia ja käyntiaikoja ohjataan aikaohjelmilla. Tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa huonekohtaisia ilmavirtoja voidaan ohjata esim. hiilidioksidipitoisuuden tai lämpötilojen mukaan. (4, s. 7.)

Säätyvän ilmanvaihtoratkaisu voidaan tehdä muuttuvilmavirtasääteisellä järjestelmällä, jossa tilakohtaisia ilmavirtoja ohjataan hiilidioksidipitoisuuden tai lämpötilan perusteella. Käytettäessä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa päästään hyvään sisäilman laatuun energiataloudellisemmin kuin vakioilmavirtaista järjestelmää käytettäessä. (4, s. 7.)

#### **3.3 Käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta**

Suomen Rakentamismääräyskokoelma osan D2 mukaan päiväkodin ilmanvaihto suunnitellaan ja rakennetaan siten, että käyttöajan ulkopuolella rakennuksen ulkoilmavirta on vähintään  $0,15 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$ . Käyttöajan ulkopuolella voidaan il-

manvaihto toteuttaa pitämällä hygieniatilojen ilmanvaihtoa jatkuvasti käynnissä tai ilmanvaihdon jaksottaisella käytöllä (2, s. 10).

Sisäilmaluokitus 2008 mukaan normaalin käyttöajan ulkopuolella on rakennuksessa oltava perusilmanvaihto  $0,1 \dots 0,2 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$ , jonka avulla poistetaan rakennuksesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Perusilmanvaihtojakson jälkeen ilmanvaihtoa on käytettävä normaaliteholla 2 tuntia ennen käyttäjien tuloa rakennukseen. (3, s. 14.)

### **3.4 Keittiöiden ilmanvaihto**

Päiväkodin keittiöt ovat joko jakelu-, kuumennus tai valmistuskeittiöitä. Ilmanvaihdon tarpeeseen vaikuttavat keittiölaitteet sekä niiden käyttö ja näiden perusteella mitoitetaan keittiölle ilmanvaihto. Ilmanvaihdon tärkeimmät tehtävät keittiöissä on poistaa ruoanvalmistuksessa ja astianpesussa syntyvät kosteus- ja lämpökuormat sekä toteuttaa työntekijöille hyvät sisäilmasto-olosuhteet. (4, s. 8.)

Suunnittelun apuna voi käyttää mm. LVI-ohjekortin LVI 06-10304 antamia ohjeita (5). Lisäksi kuormituksesta, paloturvallisuudesta ja poistoilman likaisuudesta on ammattikeittiön poistoilmanvaihdolle omia määräyksiä Suomen Rakentamismääräyskokoelma osissa D2 ja E7.

## 4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN VAIHTOEHTORATKAISUT

### 4.1 Lähtötilanne

Työn tavoitteena on vertailla Herukan päiväkodille paras mahdollinen ilmanvaihtoratkaisu. Työssä tarkastellaan eri tilojen poistoilmaluokat ja paloturvallisuuden liittyvät määräykset sekä mietitään ratkaisut sen mukaan. Päiväkodin pohjakuva on esitetty liitteessä 1.

Vaihtoehtoratkaisuissa ei tarvitse käyttää ilmanvaihdon lämmöntalteenotossa nestekiertoista lämmönsiirrintä, koska päiväkodeissa ei ole poistoilmaluokkaa 4. Lämmöntalteenottoina käytetään joko pyörivää- tai vastavirtalevyllämmönsiirrintä ja näin päästään parempaan energiatehokkuuteen. Myöskään päiväkotitiloissa huippuimureita ei käytetä lainkaan, joten kaikki poistoilma ohjataan lämmöntalteenoton kautta pois rakennuksesta.

Hajujen hallitsemisen takia kuraeteisistä poistetaan ilmaa huoneesta sekä kuivauskaappien kautta. Jakelukeittiön ilmavirtaa ohjataan tarpeen mukaan ja sinne tuodaan saman lämpöistä ilmaa kuin muihinkin tiloihin. Lämmönjako- ja sähköpääkeskushuoneet hoidetaan omilla erillispoistoilla.

Päiväkodissa on kolme ryhmää ja ryhmien koot ovat esitetty taulukossa 5.

*TAULUKKO 5 Herukan päiväkodin ryhmäkoot*

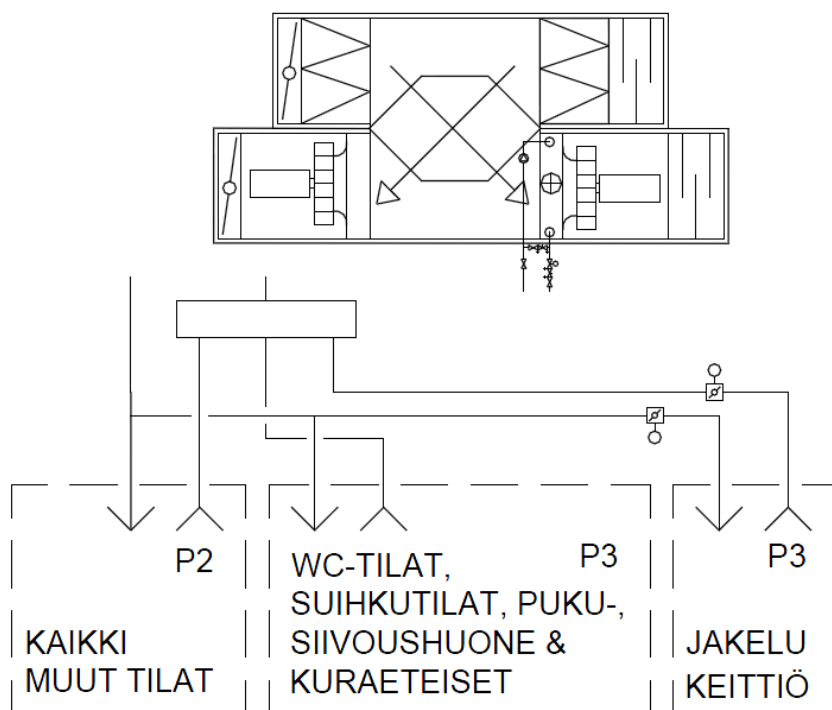
Ryhmä:	Ryhmän koko:
Hemulit (2-vuotitaat)	12+4
Vilijonkat 3-6 (vuotiaat)	21+4
Homssut (kokopäiväosasto)	21+4

#### 4.1.1 Malli 1a

Ensimmäisessä vaihtoehdossa on keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jossa on yksi tulo- ja poistoilmakone. Lämmöntalteenottona käytetään vastavirtalevylämmönsiirrintä, koska lämpöä otetaan talteen luokan 2 ja 3 poistoilmasta. Ilmanvaihtokone käy käyttöaikana täydellä ilmamäärällä ja käyttöajan ulkopuolella minimi ilmamäärällä. Poistoilmakanavisto suunnitellaan Suomen Rakentamismääräyskokoelma osan D2 mukaisesti siten, että poistoilmaluokan 2 ja 3 kulkevat omia kanavia pitkin kammioon asti ja näin saadaan hallittua epäpuhtauksien leviämistä kanavistossa. Ilmanvaihdon toteutus on esitetty kaaviokuvassa 1.

### MALLI 1a

#### 1. TULO- & POISTOKONE



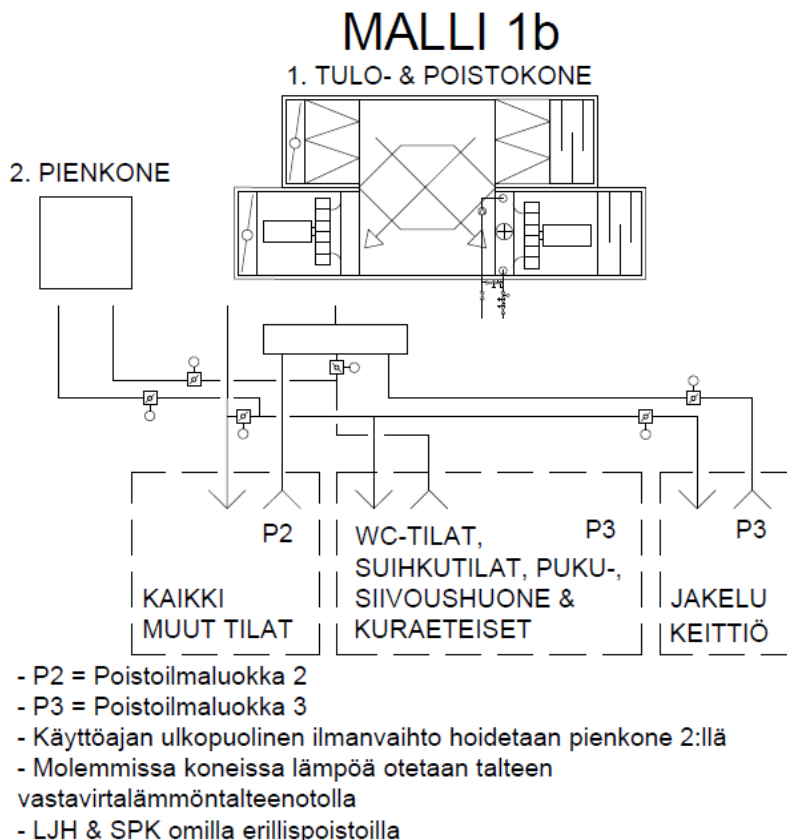
- P2 = Poistoilmaluokka 2
- P3 = Poistoilmaluokka 3
- Lämpöä otetaan talteen vastavirtalämmöntalteenotolla
- LJH & SPK omilla erillispoistoilla

KUVA 1 Mallin 1a ilmanvaihdon toteutus

#### 4.1.2 Malli 1b

Toisessa vaihtoehdossa on keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jossa on kaksi tulo- ja poistoilmakonetta. Lämmöntalteenottona käytetään molemmissa koneissa vastavirtalevyllämmönsiirrintä, koska lämpöä otetaan talteen luokan 2 ja 3 poistoilmasta. Käytön aikana käy pelkästään 1. tulo- ja poistoilmakone täydellä ilmamäärällä. Käyttöajan ulkopuolella toimii ainoastaan 2. pienkone, joka on varustettu sulkupelleillä ja se on kytkettynä poistoilmaluokan 3 kanavistoon.

Poistoilmakanavisto suunnitellaan Suomen Rakentamismääräyskokoelma osan D2 mukaisesti siten, että poistoilmaluokan 2 ja 3 poistoilmat kulkevat omia kanavia pitkin kammioon asti ja näin saadaan hallittua epäpuhtauksien leviämistä kanavistossa. Ilmanvaihdon toteutus on esitetty kaaviokuvassa 2.

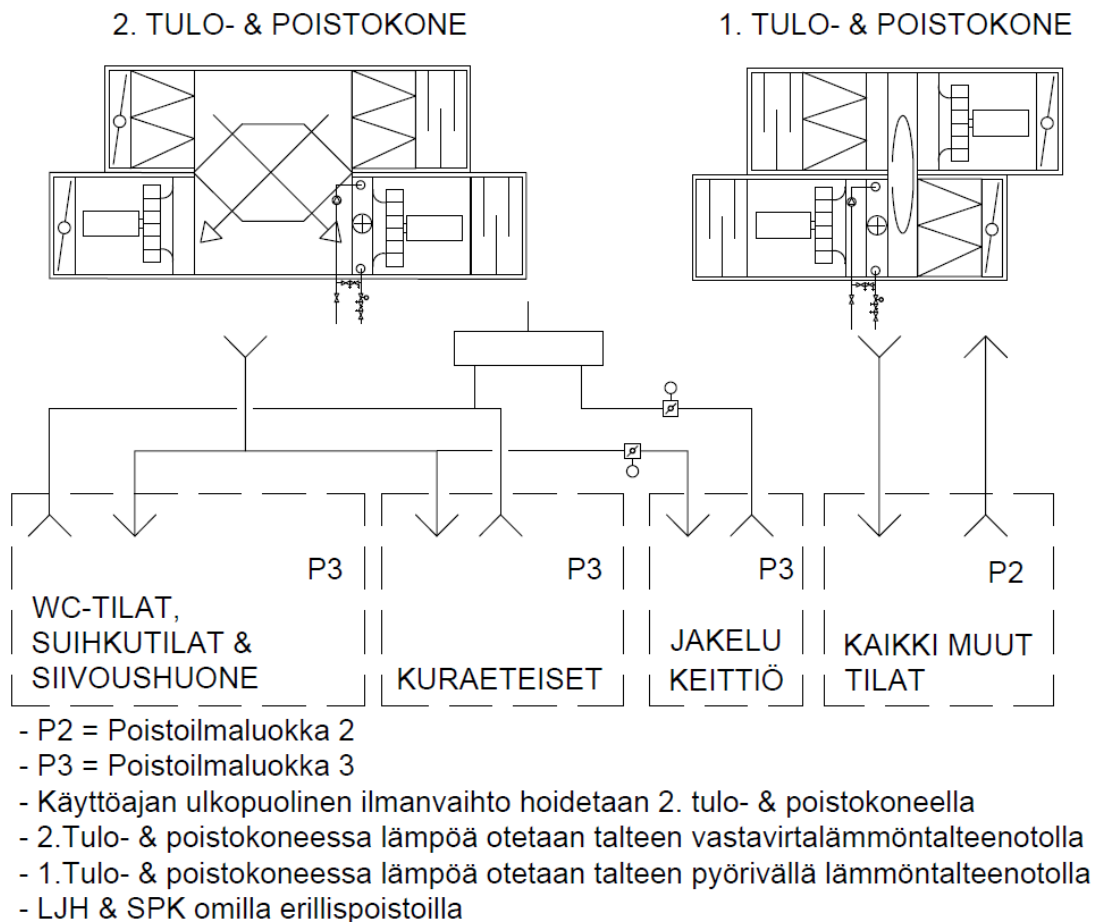


KUVA 2 Mallin 1b ilmanvaihdon toteutus

#### 4.1.3 Malli 2

Kolmannessa vaihtoehdossa on keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jossa on kaksi tulo- ja poistoilmakonetta. Lämmöntalteenotona käytetään 1. tulo- ja poistokoneessa pyörivää lämmönsiirintä, koska lämpöä otetaan talteen vain luokan 2 poistoilmasta. Toisessa koneessa lämmöntalteenotona käytetään vastavirtalevylämmönsiirintä, koska lämpöä otetaan talteen luokan 3 poistoilmasta. Käyttöaikana molemmat koneet käyvät mitoitus ilmamäärällä. Käyttöajan ulkopuolella toimii vain 2. tulo- ja poistoilmakone, joka käy minimi ilmamäärällä. Ilmanvaihdon toteutus on esitetty kaaviokuvassa 3.

## MALLI 2



KUVA 3 Mallin 2 ilmanvaihdon toteutus

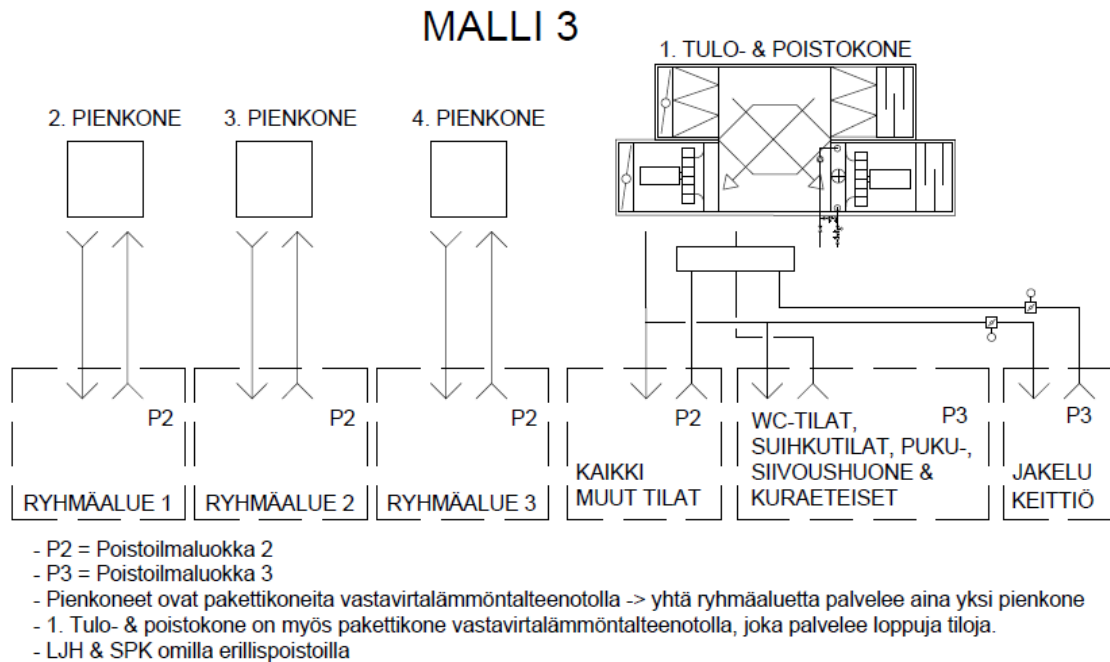


#### 4.1.4 Malli 3

Neljännessä vaihtoehdossa on hajautettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jossa on 1. tulo- ja poistoilmakone ja kolmea pienempää tulo- ja poistoilmakoneita. Lämmöntalteenottona käytetään 1. tulo- ja poistoilmakoneessa vastavirtalevylämmönsiirrintä, koska lämpöä otetaan talteen luokan 2 ja 3 poistoilmasta. Myös pienkoneissa käytetään tässä työssä lämmöntalteenottona vastavirtalevylämmönsiirtimellä toimivaa konetta, vaikka lämpöä otetaankin talteen luokan 2 poistoilmasta. Käyttöaikana kaikki koneet käyvät mitoitus ilmamäärällä. Käytöajan ulkopuolella toimii 1. tulo- ja poistoilmakone, joka käy vain minimi ilmamäärällä.

Poistoilmakanavisto suunnitellaan Rakennusmääräyskokoelma osan D2 mukaisesti siten, että poistoilmaluokan 2 ja 3 kulkevat omia kanavia pitkin kammioon asti ja näin saadaan hallittua epäpuhtauksien leviämisvaaraa kanavistossa.

Ilmanvaihdon toteutus on esitetty kaaviokuvassa 4.



KUVA 4 Mallin 3 ilmanvaihdon toteutus

## 5 ENERGIA- JA KUSTANNUSLASKELMAT

### 5.1 Ilmavirtojen mitoitus

Ilmavirrat on mitoitettu Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D2 ja D3 sekä sisäilmastoluokitus 2008 mukaisesti. Tässä työssä ryhmäalueet mitoite-  
taan pinta-alaperusteisen ilmamäärän mukaan  $2,5 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$ , paitsi lepohuo-  
neiden ilmamäärät henkilökuorman (ryhmäkoon) mukaan  $6 \text{ (dm}^3\text{/s)/hlö}$ . Yleensä  
ryhmät hajaantuvat kaikkiin tiloihin ja tilojen väliset ovet ovat auki. Ainoastaan  
lepohuoneessa päiväunien aikaan ovet on suljettu ja kaikki lapset ovat samassa  
tilassa.

Jakelukeittiön laitteet ovat yleensä yhdistelmäuuni ja astianpesukone. Liitäntä-  
tehot ovat yleensä yhdistelmäuunille 30 kW ja kupukoneelle 10 kW. LVI-  
ohjekortin LVI 06-10304 mukaan yhdistelmäuunille mitoituspoistoilmavirta on  $10 \text{ dm}^3\text{/s/kW}$  ja kupukoneen  $20 \text{ dm}^3\text{/s/kW}$  (5.). Jakelukeittiön ilmamääräksi on täs-  
sä työssä sovittu käytettäväksi  $500 \text{ dm}^3\text{/s}$ , joka vastaa tavanomaisen jakelukeit-  
tiön laitteistojen kautta tulevaa mitoituspoistoilmavirtaa.

Jos ilmanvaihtokoneella hoidetaan sekä käytönaikaista että käytönajan ulko-  
puolista ilmanvaihtoa, niin ulkopuolinen ilmavirta on koneen minimiteho eli kol-  
mas osa täydestä ilmavirrasta. Näin ilmanvaihtokone saadaan toimimaan vielä  
oikealla tavalla. Taulukossa 6 on esitetty Herukan päiväkodin ilmamäärät tiloille,  
jotka on mitoitettu pinta-alaperusteisesti Suomen rakentamismääräyskokoelma  
osan D2 mukaan. (6.)

TAULUKKO 6 Rakennuksen mitoitusilmavirrat

Tila	Numero	Henkilömäärä	Pinta-ala [m <sup>2</sup> ]	Tuloilma [l/s]	Poistoilma [l/s]
TK	101		5		
ETEISHALLI	102		33	30	
KÄYTÄVÄ	103		28	42	
TSTO	104		10,5	16	16
TYÖH.	105		13,5	20	20
VAR	106		14		6
INVAWC	107		3		20
KÄYTÄVÄ	108		26	42	
LEIKKIHALL	109		47,5	119	119
KESKUSVAR	110		9,5		6
VAATEH.	111		6,5		20
TK	120		6		
ET	121		8,5		
SIIVOUSKOMERO	122		6		24
KEITTIÖ	123		35	475	500
EMÄNTÄ	129		2,5	6	6
KÄYT	130		6	10	10
HENKILÖK.	131		17,5	88	88
MPUKUH	132		8	52	24
SUIHKU	133		1,5		10
WC	134		1,5		20
WC	135		1,5		20
SUIHKU	136		2		10
NPUKUH.	137		17	108	84
VARATK	138		3		
MÄRKÄET	152		10,5		53
KUIVAET	153		10,5	50	15
PIENRYHMÄT.	154		14,5	36	36
VÄLIKKÖ	155		6	20	
WC	156		11		40
RYHMÄH.	157		19	48	48
LEIKKIH.	158		19	48	48
RYHMÄTILA	159		13	33	33
LEPOHUONE	160	12	13	72	72
MÄRKÄET	163		11		55
KUIVAET	164		10,5	53	15
PIENRYHMÄT.	165		14,5	36	36
VÄLIKKÖ	166		6	20	
WC	167		11		40
LEIKKIH.	168		24	60	60
RYHMÄH.	169		30,5	76	76
LEPOHUONE	171	21	26,5	126	126
RYHMÄTILA	172		10,5	26	26
MÄRKÄET	175		11		55
KUIVAET	176		10,5	53	15
PIENRYHMÄT.	177		14,5	36	36
VÄLIKKÖ	178		6	20	
WC	179		10,5		40
LEIKKIH.	180		19	48	48
RYHMÄH.	181		25,5	64	64
LEPOHUONE	182	21	17,5	126	126
RYHMÄTILA	183		13	33	33
<b>YHT</b>				<b>2090</b>	<b>2196</b>

### 5.1.1 Malli 1a

Käytön aikainen ja käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto toimii 1. tulo- & poistokoneella. Ulkopuolinen ilmavirta on koneen minimiteho eli noin kolmasosa täydestä ilmavirrasta, mikä on suuri ilmavirta verrattuna Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D2 mukaan 0,15 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>.

Taulukossa 7 on esitetty koneen käyttöajan ja käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat.

*TAULUKKO 7 Malli 1a käyttöajan ja käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat.*

MALLI 1a			
IV-KONE	Tulo [l/s]	Poisto [l/s]	Ilmavirtojen suhde [%]
1. TULO- & POISTOKONE	2 090	2 196	-5,1
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2 090</b>	<b>2 196</b>	<b>-5,1</b>
Käyttöajan ulkopuolinen [l/s]:	Tulo [l/s]	Poisto [l/s]	
1. TULO- & POISTOKONE	697	732	-5,1

### 5.1.2 Malli 1b

Käyttöajan ilmanvaihto toimii 1. tulo- & poistokoneella ja käyttöajan ulkopuolinen 2. pienkoneella. Ulkopuolinen ilmavirta määräytyy rakennuksen vähimmäis tasoatimuksen mukaan, joka on Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D2 mukaan 0,15 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. Taulukossa 8 on esitetty koneiden käyttöajan ja käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat.

*TAULUKKO 8 Malli 1b käyttöajan ja käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat.*

MALLI 1b			
IV-KONE	Tulo [l/s]	Poisto [l/s]	Ilmavirtojen suhde [%]
1. TULO- & POISTOKONE	2 090	2 196	-5,1
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2 090</b>	<b>2 196</b>	<b>-5,1</b>
Käyttöajan ulkopuolinen [l/s]:	Tulo [l/s]	Poisto [l/s]	
2. PIENKONE	190	200	-5,3

### 5.1.3 Malli 2

Käyttöajan ilmanvaihto toimii molemmilla koneilla ja käyttöajan ulkopuolinen pelkästään 2. tulo- & poistokoneella. Ulkopuolinen ilmavirta on koneen minimiteho eli noin kolmasosa täydestä ilmavirrasta, mikä vastaa melkein samaa ilmamäärää verrattuna Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D2 mukaan 0,15 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. Taulukossa 9 on esitetty koneiden käyttöajan ja käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat.

TAULUKKO 9 Malli 2 käyttöajan ja käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat

MALLI 2			
IV-KONEET	Tulo [l/s]	Poisto [l/s]	Ilmavirtojen suhde [%]
1. TULO- & POISTOKONE	1 125	1 125	0,0
2. TULO- & POISTOKONE	965	1 072	-11,0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2 090</b>	<b>2 196</b>	<b>-5,1</b>
Käyttöajan ulkopuolinen [l/s]:	Tulo [l/s]	Poisto [l/s]	
2. TULO- & POISTOKONE	322	357	-11,0

### 5.1.4 Malli 3

Käyttöajan ilmanvaihto toimii kaikilla koneilla ja käyttöajan ulkopuolinen pelkästään 1. Tulo- & poistokoneella. Ulkopuolinen ilmavirta on koneen minimiteho eli noin kolmasosa täydestä ilmavirrasta, mikä on suuri ilmavirta verrattuna Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D2 mukaan 0,15 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. Taulukossa 10 on esitetty koneiden käyttöajan ja käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat.

TAULUKKO 10 Malli 3 käyttöajan ja käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat

MALLI 3			
IV-KONEET	Tulo [l/s]	Poisto [l/s]	Ilmavirtojen suhde [%]
1. TULO- & POISTOKONE	1 223	1 330	-8,7
2. PIENKONE	236	236	0,0
3. PIENKONE	325	325	0,0
4. PIENKONE	306	306	0,0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2 090</b>	<b>2 196</b>	<b>-5,1</b>
Käyttöajan ulkopuolinen [l/s]:	Tulo [l/s]	Poisto [l/s]	
1. TULO- & POISTOKONE	408	443	-8,7

## 5.2 Energian kulutus

Puhaltimen sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla 1 (7, s. 2). Työssä on käytetty puhaltimille käytön aikana SFP-lukuna 1,8 kW/(m<sup>3</sup>/s) ja käyttöajan ulkopuolella SFP-lukuna 0,7 kW/(m<sup>3</sup>/s), joka on saatu Fläktwoods konevalintaohjelmalla (13). Se perustuu Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan D3, jossa koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähkötehon vaatimus on enintään 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s) (8, s. 15). Päiväkodin ilmanvaihto on maanantaista perjantaihin aikavälillä 6 – 18 täydellä teholla ja muina aikoina minimiteholla.

$$W = q_{max} \times SFP \times t_d \times t_v \times \Delta t \quad \text{KAAVA 1}$$

$W$  = puhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kWh

$q_{max}$  = mitoittava jäteilmavirta tai ulkoilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$SFP$  = ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m<sup>3</sup>/s)

$t_d$  = puhaltimen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_v$  = puhaltimen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

Ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman lämmittäminen lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavoilla 2 ja 3 (9, s. 21). Lämmöntalteenoton hyötysuhteina on käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D5 taulukon 3.6 mukaisia arvoja (9, s. 22). Ulkoilman keskilämpötiloina on käytetty Rakennusmääräyskokoelman osan D3 taulukon L2.3 mukaisia arvoja (8, s. 31).

$$T_{lto} = T_u + n_a \times (T_p - T_u) \quad \text{KAAVA 2}$$

$T_{lto}$  = lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C

$T_u$  = ulkoilman keskilämpötila, °C

$n_a$  = lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, %

$T_p$  = poistoilman lämpötila, °C

$$Q = q_{vtulo} \times C_{pi} \times \rho_i \times (T_{lto} - T_u) \times t_d \times t_v \times \Delta t$$

KAAVA 3

$Q$  = tuloilman lämmitysteho, kWh

$$q_{vtulo} = \text{tuloilmavirta, m}^3/\text{s}$$

$C_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/kg °C

$$\rho_i = \text{ilman tiheys, } 1,2 \text{ kg/m}^3$$
 $T_{lt0}$  = lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C
$$T_u = \text{ulkoilman keskilämpötila, } ^\circ\text{C}$$

$t_d$  = ilmanvaihtokoneen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_n$  = ilmanvaihtokoneen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7vrk

$$\Delta t = \text{ajanjakson pituus, h}$$

### 5.2.1 Malli 1a

Hoidettaessa rakennuksen ilmanvaihtoa yhdellä isolla koneella käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto ei ole hallittavissa niin hyvin kuin muissa vaihtoehdoissa. Ulkopuolisella minimi ilmamäärällä päästään 697 dm<sup>3</sup>/s ja tässä rakennuksessa käyttöajan ulkopuoliseksi ilmamääräksi riittää alle 200 dm<sup>3</sup>/s. Energian kulutus on suuri, koska käyttöajan ulkopuolista ilmanvaihtoa ei saatu hallittua niin hyvin. Energiakulutukset on laskettu taulukossa 11.

### TAULUKKO 11 Mallin 1a energiakulutukset

MALLI 1a			
IV-kone	Puhaltimien sähköenergia	Lämmityspatterin energia	Yhteensä
	[kWh]	[kWh]	[kWh]
1. Tulo- & poistokone	41 032	41 764	82 796
<b>YHT</b>			<b>82 796</b>

### 5.2.2 Malli 1b

Tässä mallissa käyttöajan ulkopuolista ilmavirtaa hallitaan koneella, jonka ulkoilmavirta on mitoitettu  $0,15 \text{ (dm}^3\text{/s)}/\text{m}^2$ . Näin päästään vähäiseen energianku-

lutukseen ja lisäksi säästetään isomman koneen puhaltimien kokoaikaista rasi-  
tusta. Energiakulutukset on laskettu taulukossa 12.

*TAULUKKO 12 Mallin 1b energiakulutukset*

MALLI 1b			
IV-kone	Puhaltimien sähköenergia	Lämmityspatterin energia	Yhteensä
	[kWh]	[kWh]	[kWh]
1. Tulo- & poistokone	24 136	26 201	50 337
2. Pienkone	3953	4 288	8 241
<b>YHT</b>			<b>58 578</b>

### 5.2.3 Malli 2

Käytönajan ulkopuoliseksi ilmavirraksi saadaan 2. tulo- & poistokoneella 320 dm<sup>3</sup>/s, joka vastaa melkein oikeaa käyttöajan ulkopuolista ilmamäärää. Tämän takia päästään tässäkin vaihtoehdossa maltilliseen energiankulutukseen. Lisäksi puhtaita tiloja palvelevan koneen lämmöntalteenottona käytetään pyörivää lämmönsiirrintä, jolla on parempi vuosihyötysuhde kuin muiden koneiden lämmönsiirtimissä. Energiakulutukset on laskettu taulukossa 13.

*TAULUKKO 13 Mallin 2 energiakulutukset*

MALLI 2			
IV-kone	Puhaltimien sähköenergia	Lämmityspatterin energia	Yhteensä
	[kWh]	[kWh]	[kWh]
1. Tulo- & poistokone	12 668	10 760	23 428
2. Tulo- & poistokone	19 496	19 286	37 782
<b>YHT</b>			<b>62 210</b>

### 5.2.4 Malli 3

1. tulo- & poistokoneen ilmamäärä saadaan pieneksi, koska ilmamäärät jakautuvat nyt useammalle eri koneelle. Tästä huolimatta käyttöajan ulkopuoliseksi ilmavirraksi jää 408 dm<sup>3</sup>/s. Tämän takia energiankulutus nousee melko suureksi verrattuna malliin 1b ja 2. Energiakulutukset on laskettu taulukossa 14.

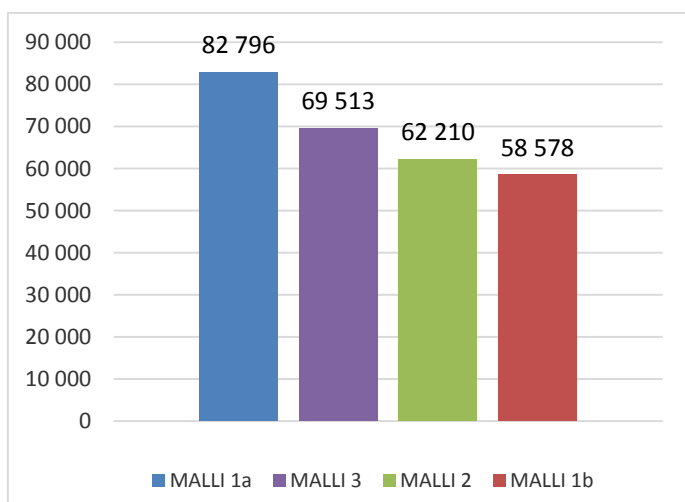


TAULUKKO 14 Mallin 3 energiakulutukset

MALLI 3			
IV-kone	Puhaltimien sähköenergia	Lämmityspatterin energia	Yhteensä
	[kWh]	[kWh]	[kWh]
1. Tulo- & poistokone	24 441	24 447	48 888
2. Pienkone	2 656	2 956	5 612
3. Pienkone	3 658	4 072	7 730
4. Pienkone	3 446	3 837	7 283
<b>YHT</b>			<b>69 513</b>

### 5.2.5 Yhteenveto energiakulutuksista

Pienimpään energian kulutukseen päästään malleilla 1b ja 2. Mallissa 3 on myös kohtuullinen energian kulutus. Mallissa 1a energian kulutus on kaikkein suurin. Kuvassa 5 on esitetty yhteenveto mallien energiakulutuksesta.



KUVA 5 Yhteenveto energiakulutuksesta

### 5.3 Hankintakustannukset

Hankintakustannukset on laskettu Talonrakennus kustannustieto 2015 -kirjan mukaisia keskimääräisiä hintoja käyttäen, jotka ovat alv. 0 % (10.). Työssä ei huomioitu palo-, säätöpelleistä, päätelaitteista ja keittiön huuvista aiheutuvia kuluja, koska ne ovat kaikissa malleissa samat.

### 5.3.1 Malli 1a

Mallissa 1a hankintakustannukset ovat todella pienet verrattuna muihin vaihtoehtoihin. Ainoa lisäkulu tulee siitä, että poistoilmaluokan 2 ja 3 kanavat joudutaan johtamaan eri kanavistoja poistoilmakammioon asti. Hankintakustannukset on laskettu taulukossa 15.

TAULUKKO 155 Mallin 1a hankintakustannukset

Malli 1a						
Kone	Koko	IV-kone	Lto	Kanavat	Lisäkulut	Yhteensä
	m <sup>3</sup> /s	€	€	€	€	€
1. Tulo- & poistokone	2,09	7 400	8 500	8 110	4055 <sup>1)</sup>	28 064
YHT						28 064

<sup>1)</sup> Huomioidaan poistoilmaluokan 2 ja 3 kanavat, jotka johdetaan eri kanavistoja pitkin poistoilmakammioon asti.

### 5.3.2 Malli 1b

Tässä mallissa hankintakustannukset ovat myös maltilliset. Lisää hintaa tuo edelliseen versioon pienkone, jolla hoidetaan käyttöajan ulkopuolista ilmavirtaa. Pienkoneelle on lisätty kanavoinnista ja moottoripelleistä aiheutuvat kulut. Hankintakustannukset on laskettu taulukossa 16.

TAULUKKO 166 Mallin 1b hankintakustannukset

Malli 1b						
Kone	Koko	IV-kone	Lto	Kanavat	Lisäkulut	Yhteensä
	m <sup>3</sup> /s	€	€	€	€	€
1. Tulo- & poistokone	2,09	7 400	8 500	8 110	4055 <sup>1)</sup>	28 064
2. Pienkone	0,20	3 520	3 720	-	2000 <sup>2)</sup>	9 240
YHT						37 304

<sup>1)</sup> Huomioidaan poistoilmaluokan 2 ja 3 kanavat, jotka johdetaan eri kanavistoja pitkin poistoilmakammioon asti.

<sup>2)</sup> Huomioidaan pienkoneen kanavoinnit ja moottoripeltien aiheutuvat kulut.

### 5.3.3 Malli 2

Myös tässä mallissa on maltilliset hankintakustannukset. Lisää hintaa tuo 1. tulo- & poistoilmakone, jossa lämmöntalteenottona toimii pyörivä lämmönsiirrin sekä 2. tulo- & poistokone, jolle pitää olla oma kanavisto ja koneen jäteilma-, raitisilmapelleistä ja laitteista aiheutuvat kulut. Hankintakustannukset on laskettu taulukossa 17.

TAULUKKO 177 Mallin 2 hankintakustannukset

Malli 2						
Kone	Koko	IV-kone	Lto	Kanavat	Lisäkulut	Yhteensä
	m <sup>3</sup> /s	€	€	€	€	€
1. Tulo- & poistokone	1,13	4 870	9 430	7 589	-	21 889
2. Tulo- & poistokone	0,96	3 790	4 210	6 994	2000 <sup>1)</sup>	16 994
YHT						38 882

<sup>1)</sup> Huomioidaan uuden koneen jäteilma-, raitisilmapeltien ja laitteistosta aiheutuvat kulut.

### 5.3.4 Malli 3

Tässä mallissa hankintakustannukset kasvavat melko suuriksi. Hinta kasvaa suureksi, koska mallissa on neljä eri ilmanvaihtokonetta. Lisää hintaa tuo 1. tulo- & poistokoneen kanavoinnista, jossa poistoilmaluokan 2 ja 3 kanavat joudutaan johtamaan eri kanavistoja poistoilmakammioon asti sekä pienkoneitten jäteilma-, raitisilmapelleistä ja laitteista. Hankintakustannukset on laskettu taulukossa 18.

TAULUKKO 188 Mallin 3 hankintakustannukset

Malli 3						
Kone	Koko	IV-kone	Lto	Kanavat	Lisäkulut	Yhteensä
	m <sup>3</sup> /s	€	€	€	€	€
1. Tulo- & poistokone	1,22	4 870	5 580	7 589	4055 <sup>1)</sup>	22 094
2. Pienkone	0,24	3 520	3 720	– <sup>3)</sup>	1000 <sup>2)</sup>	8 240
3. Pienkone	0,32	3 520	3 720	– <sup>3)</sup>	1000 <sup>2)</sup>	8 240
4. Pienkone	0,31	3 520	3 720	– <sup>3)</sup>	1000 <sup>2)</sup>	8 240
YHT						46 814

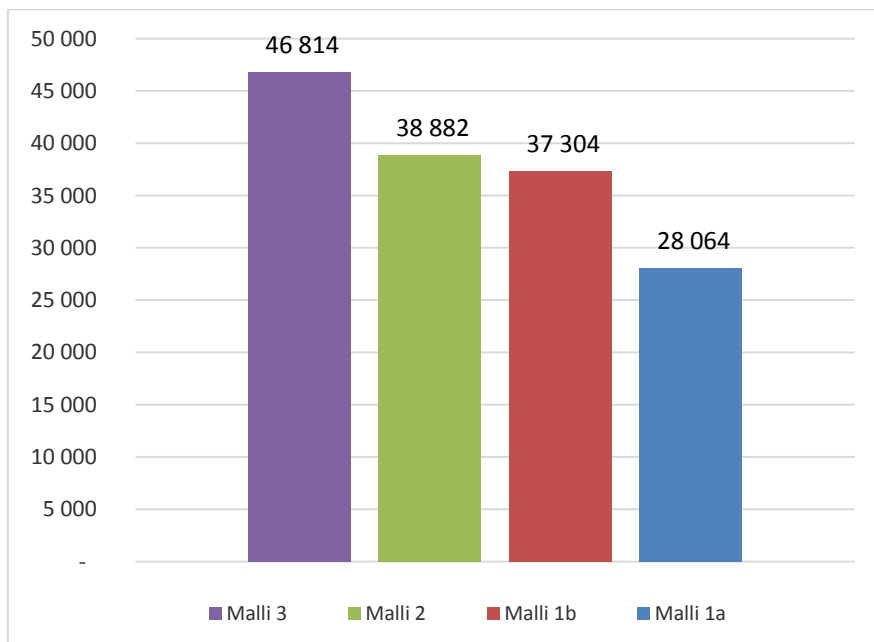
<sup>1)</sup> Huomioidaan poistoilmaluokan 2 ja 3 kanavat, jotka johdetaan eri kanavistoja pitkin poistoilmakammioon asti.

<sup>2)</sup> Huomioidaan uuden koneen jäteilma-, raitisilmapeltien ja laitteistosta aiheutuvat kulut.

<sup>3)</sup> Pienkoneitten kanavointi huomioitu jo pääkoneen kanavoinnissa.

### 5.3.5 Yhteenveto hankintakustannuksista

Pienimmät hankintakustannukset ovat mallissa 1a. Malleissa 1b ja 2 on myös kohtuulliset hankintakustannukset. Mallin 3 hankintakustannukset on reilusti suuremmat kuin muissa vaihtoehtoissa. Kuvassa 6 on esitetty yhteenveto mallien hankintakustannuksista.



Kuva 6 Yhteenveto hankintakustannuksista

## 6 ELINKAARIKUSTANNUKSET

Ilmanvaihtojärjestelmän teoreettinen käyttöikä on noin 25 vuotta ja sen mukaan lasketaan elinkaarikustannukset. Energian yksikköhintoina on käytetty lämmitykselle 0,047 €/kWh ja sähkölle 0,113 €/kWh. Energian hinnan nousua ei ole huomioitu. Energian yksikköhinnat on saatu Oulun Energian internetsivuilta (11.). Huoltokustannukset on laskettu Talonrakennus kustannustieto 2015 - kirjan mukaisesti. Taulukossa 19 on esitetty mallien elinkaarikustannukset.

*TAULUKKO 19 Yhteenveto elinkaarikustannuksista*

	Malli 1a	Malli1b	Malli 2	Malli 3
	€	€	€	€
Käyttökustannukset	166 721	116 390	127 489	139 558
Hankitakustannukset	28 064	37 304	38 882	46 814
Huoltokustannukset	4 625	6 625	8 250	10 125
<b>Yhteensä</b>	<b>199 410</b>	<b>160 320</b>	<b>174 622</b>	<b>196 497</b>

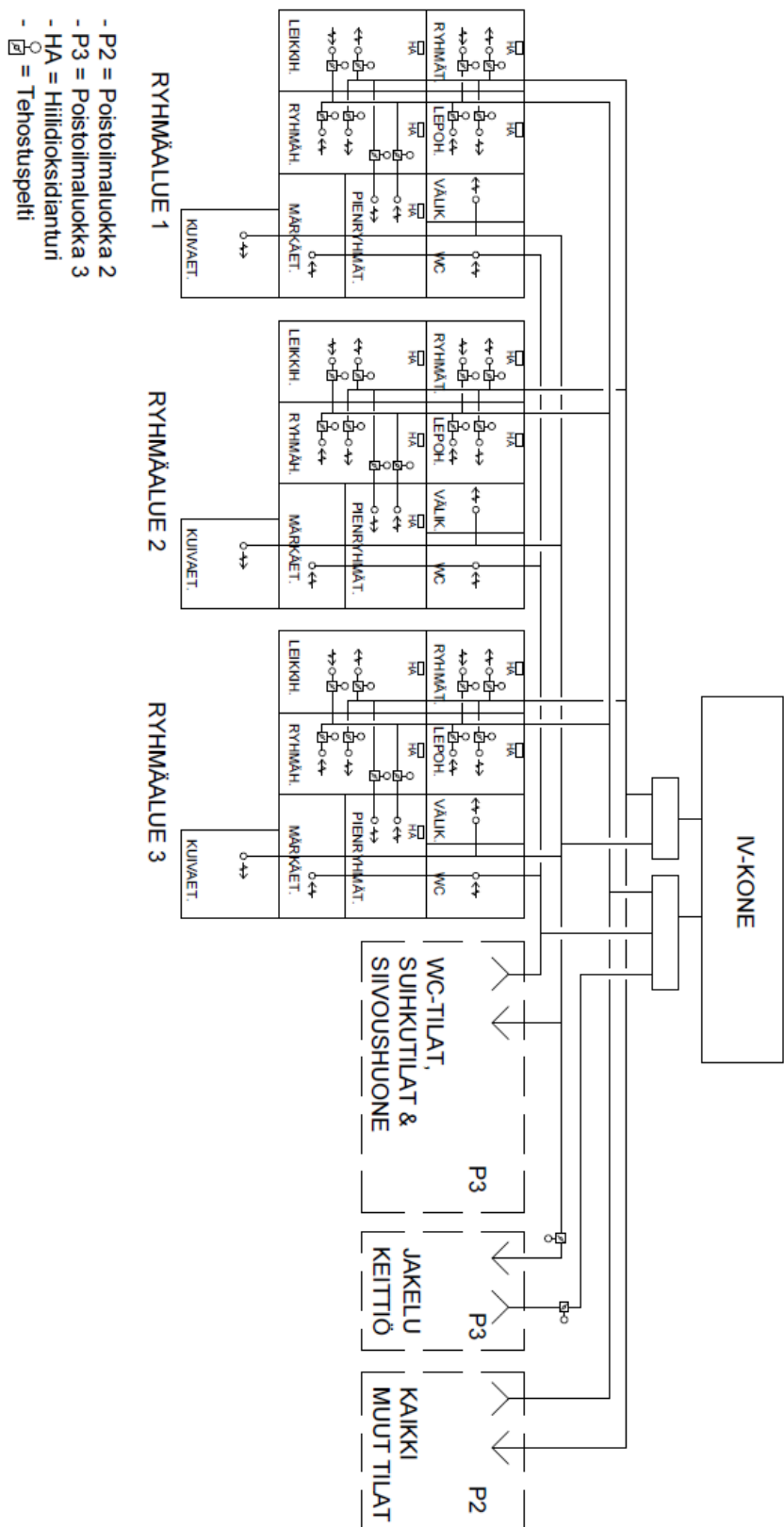
## 7 ILMAVIRTASÄÄTEINEN ILMANVAIHTO JA ECONET PREMIUM

### 7.1 Ilmavirtasäateinen ilmanvaihto

Tässä työssä päiväkotirakennusten ilmanvaihto on mitoitettu Rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaisesti. Ilmavirtojen mitoituksen ohjearvoina on käytetty ensisijaisesti 6 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö. Jos tilan henkilömäärää ei ole tiedossa niin suunnittelun ohjearvona on käytetty pinta-alaperusteista 2,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. Arkkitehti on yleensä ilmoittanut ryhmäalueiden tiloille henkilömäärän tilaa kohden.

Jos tilat on mitoitettu vakioilmavirtajärjestelmässä henkilökuorman mukaan, voidaan nyt tässä tapauksessa ilmavirrat mitoittaa ryhmäalueelle ryhmäkoon mukaan. Ilmavirtojen mitoituksena käytetään tällöin 8 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö.

Herukan päiväkodissa on kolme ryhmäaluetta ja jokaiseen ryhmäalueeseen tulee 10 tehostuspeltiä ja 5 hiilidioksidianturia. Ilmavirtaa ohjataan siis tehostuspellein ja peltejä ohjaavat hiilidioksidianturit. Ilmavirtasäateisen ilmanvaihdon toteutus on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7 Ilmavirtasäätetyn ilmanvaihdon toteutus

Ilmavirtaa saatiin tehostuspeltien ja hiilidioksidianturien avulla säästettyä yhteensä 338 dm<sup>3</sup>/s ja ilmamäärän pienentymisen vuoksi käyttökustannukset pienentyivät. Ilmamäärää saatiin kohtuullisen hyvin säästettyä, vaikka muihin tiloihin paitsi lepohuoneeseen oli jo mitoitettu ilmavirta pinta-alaperusteen mukaisesti.

Ilmavirtasääteisellä ilmanvaihdolla saatiin yhtä pykälää pienemmäksi koneen koko ja sen kanavisto, joten hankitakustannukset pienentyivät hieman. Hankitakustannuksissa ja huoltokustannuksissa lisää hintaa tuovat tehostuspellit ja hiilidioksidianturit. Kustannukset on laskettu Talonrakennus kustannustieto 2015 -kirjan mukaisesti (10). Taulukossa 20 on esitetty yhteenveto mallien ohjatun ilmanvaihdon elinkaarikustannuksista.

*TAULUKKO 19 Yhteenveto mallien ilmavirtasääteisen ilmanvaihdon elinkaarikustannuksista*

Ilmavirtasääteinen ilmanvaihto	Malli 1a	Malli 1b	Malli 2	Malli 3
	€	€	€	€
Käyttökustannukset	140 116	100 414	112 708	123 572
Hankitakustannukset	45 779	55 019	55 472	66 539
Huoltokustannukset	5 875	7 875	9 500	11 375
<b>Yhteensä</b>	<b>191 770</b>	<b>163 309</b>	<b>177 680</b>	<b>201 486</b>

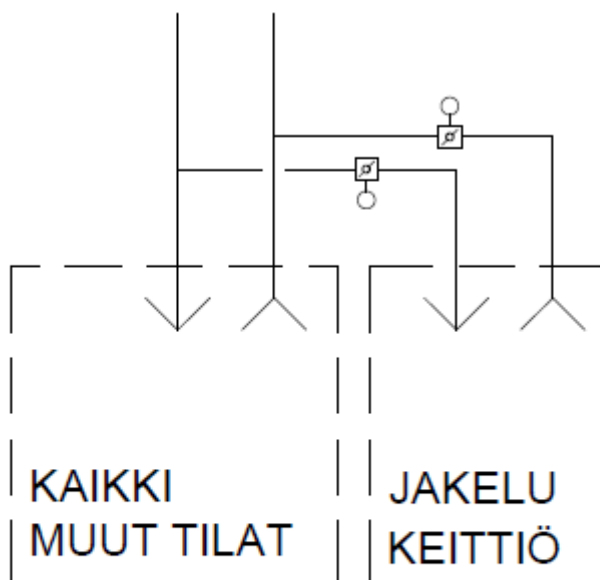
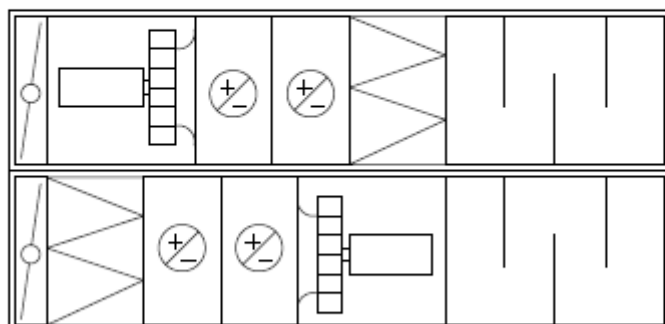
## 7.2 Econet Premium

Fläktwoods on kehittänyt uuden nestekiertoisella lämmöntalteenotolla olevan Econet Premium koneen, joka antaa tuloilman hyötysuhteeksi parhaimmillaan jopa 80 %. Lämmönsiirtimet koostuvat kahdesta patterista, joiden avulla saadaan korkea hyötysuhde myös kylmässä ilmastossa. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto on hyvä valinta, jos ilmavirrat halutaan pitää toisistaan erillään (12.). Ilmanvaihdon toteutukset ovat esitetty kuvissa 8 ja 9.



# MALLI 1a

## ECONET PREMIUMTULO- & POISTOKONE



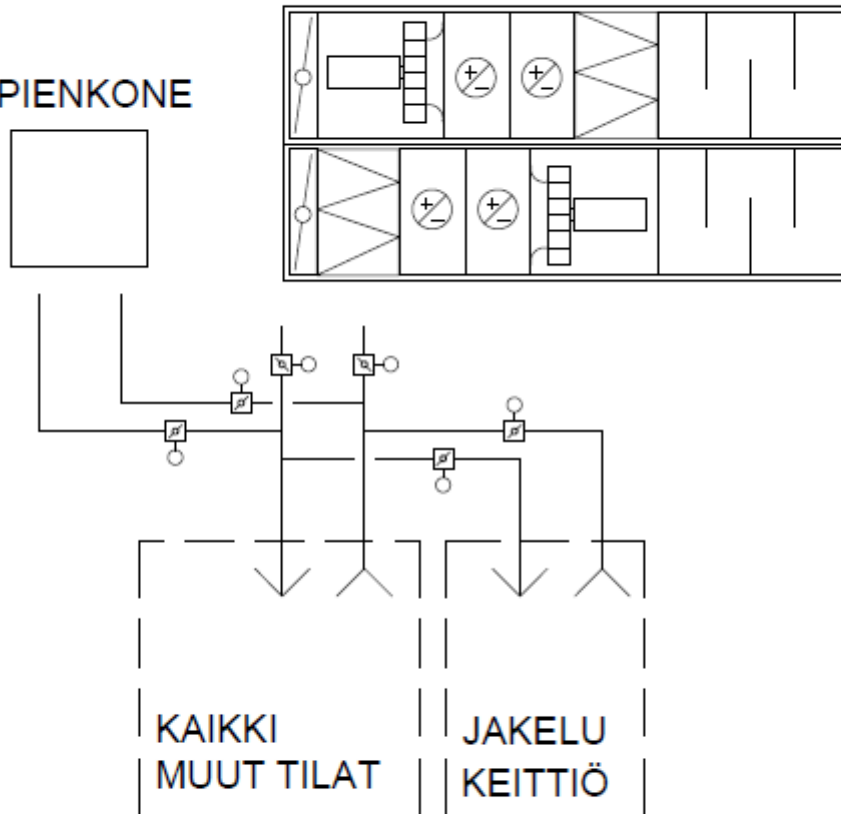
- Lämpöä otetaan talteen nestekiertoisella  
tuplapatteri lämmöntalteenotolla

KUVA 8 Econet Premium mallin 1a ilmanvaihdon toteutus

# MALLI 1b

## 1.ECONET PREMIUMTULO- & POISTOKONE

### 2.PIENKONE



- 1. Tulo- ja poistokoneessa lämpöä otetaan talteen nestekiertoisella tuplapatteri lämmöntalteenotolla
- Käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto hoidetaan pienkonella 2, jossa lämmöntalteenottona toimii vastavirtalämmönsiirrin

KUVA 9 Econet Premium mallin 1b ilmanvaihdon toteutus

Econet Premium ilmanvaihtokone on mitoitettu Fläktwoods sin konevalinta-ohjelmalla. Vuosihyötysuhteeksi saatiin 67 %, joka on huomattavasti parempi kuin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osan D5 nestekiertoiselle lämmöntalteenotolle vuosihyötysuhteeksi antama 40 % (9.).

Hankintakustannuksissa Econet Premium on paljon kalliimpi kuin muut vaihtoehdot. Fläktwoods sin konevalinta-ohjelma antoi Econet Premium -koneen hinnaksi 36 200 € (13.). Huoltokustannukset on laskettu Talonrakennus kustannustieto 2015 -kirjan mukaisesti. Taulukossa 21 on esitetty yhteenveto Econet Premium mallien elinkaarikustannuksista. (10.)

*TAULUKKO 20 Yhteenveto Econet Premium mallien elinkaarikustannuksista*

<b>Econet Premium</b>	<b>Malli 1a</b>	<b>Malli 1b</b>
	<b>€</b>	<b>€</b>
Käyttökustannukset	149 116	106 089
Hankintakustannukset	48 365	57 605
Huoltokustannukset	4 625	6 625
<b>Yhteensä</b>	<b>202 106</b>	<b>170 318</b>

## 8 TULOSTEN VERTAILU

Toimivimmaksi ja edullisimmaksi vaihtoehdoksi saatiin malli 1b vakioilmavirtasäätteisellä ilmanvaihdolla. Hoidettaessa käytönaikaista ja käytönajan ulkopuolista ilmanvaihtoa eri ilmanvaihtokoneilla, päästään parhaimpaan mahdolliseen ratkaisuun ilmanvaihdon elinkaarikustannuksien kannalta. Käytönajan ulkopuolisessa ilmanvaihdossa ilma vaihtuu niistä tiloista mihin ilmavirtaa tarvitaan. Koneiden käydessä eri ajoin, saadaan mahdollisimman pieni rasitus koneille. Molemmilla koneilla saadaan paras hyötysuhde, kun koneet käyvät oikeilla mitoitus tehoilla oikeassa pisteessä. Myös ilmastointikonehuone pysyy pienimpänä mahdollisena, joten tilantarpeeltakin tämä on hyvä vaihtoehto. Taulukossa 22 on esitetty 25 vuoden ajalta elinkaarikustannukset kaikille mahdollisille ratkaisuille.

*TAULUKKO 21 Yhteenvedo elinkaarikustannuksista*

YHTEENVETO		
Toteutustapa	Malli	€
Vakioilmavirta	Malli 1b	160 320
Ilmavirtasäätteinen	Malli 1b	163 309
Econet Premium	Malli 1b	170 318
Vakioilmavirta	Malli 2	174 622
Ilmavirtasäätteinen	Malli 2	177 680
Ilmavirtasäätteinen	Malli 1a	191 770
Vakioilmavirta	Malli 3	196 497
Vakioilmavirta	Malli 1a	199 410
Ilmavirtasäätteinen	Malli 3	201 486
Econet Premium	Malli 1a	202 106

## 9 YHTEENVETO

Tämän työn tilaajana on Liikelaitos Oulun Tilakeskus, joka toteuttaa paljon päiväkotihankkeita. Näille hankkeille halutaan saada aikaan yhtenäiset ohjeistot, joiden mukaan päiväkotien ilmastointi suunnitellaan niin, että ne täyttävät energiatehokkuuden nykyiset ja tulevatkin vaatimukset ja ovat elinkaarikustannuksiltaan edullisia. Työn tavoitteena oli löytää paras mahdollinen ilmanvaihtoratkaisu perusparannettaville tai uudisrakennettaville päiväkotihankkeille Oulun seudulla.

Työssä vertailtiin vakioilmavirralla neljää eri mallia, jotka olivat joko keskitettyjä tai hajautettuja ilmanvaihtoratkaisuja. Lisäksi tarkasteltiin ilmavirtasääteistä ilmanvaihto ja Fläktwoods sin uutta Econet Premium tuplapatterilla toimivaa nestekiertoista ilmanvaihtokonetta.

Tässä työssäni tuli esille, että hankita kustannuksien perusteella päiväkotiin ei kannata suunnitella ilmavirtasääteistä ilmanvaihtoa tai Econet Premium ilmanvaihtokonetta. Ilmavirtasääteinen ilmanvaihto soveltuu paremmin kohteisiin, joissa ilmavirtaa on enemmän säädettävissä. Econet Premium soveltuu paremmin rakennuksiin, missä ilmavirrat halutaan pitää toisistaan erillään. Päiväkodeissa ei ole niin likaisia tiloja, etteikö voisi olla käyttämättä nestekiertoista lämmöntalteenottoa. Lisäksi ilmavirtasääteisellä ilmanvaihdolla ja Econet Premium ilmanvaihtokoneessa on enemmän korjauskustannuksia, kuin vakioilmavirtasääteisellä ilmanvaihdolla.

Havaintonani oli, että parhaimman ja toimivimman ilmanvaihdon saa vakioilmavirtasääteisellä ilmanvaihdolla ja käyttäen lämmöntalteenottoina vastavirta- tai pyörivää lämmöntalteenottoja. Erillispoistoja ei käytetä lainkaan, joten kaikki poistoilma ohjataan lämmöntalteenoton kautta pois rakennuksesta. Ryhmäalueet mitoitetaan pinta-alaperusteisen ilmamäärän mukaan, paitsi lepohuoneitten ilmamäärät henkilökuorman (ryhmäkoon) mukaan. Yleensä ryhmät hajaantuvat kaikkiin tiloihin ja tilojen väliset ovet ovat auki. Ainoastaan lepohuoneessa päiväunien aikaan ovet on suljettu ja kaikki lapset ovat samassa tilassa.

Tutkimukseni tuloksena paras ja toimivin ilmanvaihtoratkaisu on malli 1b. Hoidettaessa käytönaikaista ja käytönajan ulkopuolista ilmanvaihtoa eri ilmanvaihtokoneilla, päästään parhaimpaan mahdolliseen ratkaisuun ilmanvaihdon elinkaarikustannuksien kannalta. Myös ilmastointikonehuone pysyy näin pienimpänä mahdollisena, joten tilantarpeeltakin tämä on hyvä vaihtoehto.

## LÄHTEET

1. Ilmanvaihdon perusteet. Sisäilmayhdistys. Saatavissa:  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>.  
Hakupäivä 7.12.2015.
2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2  
Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä 7.1.2016.
3. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilma-  
luokitus 2008. Espoo: Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10946.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 8.1.2016.
4. Jalas, Johanna - Pirjo, Kimari 2002. Päiväkotien ilmanvaihto. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu.
5. LVI 06-10304. 2000. Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10304.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.1.2016.
6. Haastattelu. Tapio, Kanerva. Fläkt Woods Oy. 17.2.2016.
7. LVI 30-10529. 2013. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10529.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 23.1.2016.

8. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä 28.1.2016.

9. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Määräykset ja ohjeet 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>. Hakupäivä 28.1.2016.

10. Haahtela-kehitys Oy. Talonrakennuksen kustannustieto2015. Tammerprint Oy, Tampere. 279-288 s.

11. Verkkopalveluhinnasto. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkoverkkopalvelut/verkkopalveluhinnasto>. Hakupäivä 18.2.2016.

12. Econet Premium. Fläkt Woods. Saatavissa: <http://www.flaktwoods.fi/products/air-treatment/energy-recovery/econet-premium/>. Hakupäivä 5.2.2016.

13. Konevalinta -ohjelma. Fläkt Woods. Saatavissa: <https://acon.flaktwoods.com/WebApp/Login.aspx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 9.2.2016



